



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05129474 A**(43) Date of publication of application: **25.05.93**

(51) Int. Cl

**H01L 23/29****H01L 23/31****H01L 23/24**(21) Application number: **03285197**(71) Applicant: **NIPPONDENSO CO LTD**(22) Date of filing: **30.10.91**(72) Inventor: **NARITA RYOICHI  
FUKUDA YUTAKA**(54) **RESIN-SEALED SEMICONDUCTOR DEVICE**

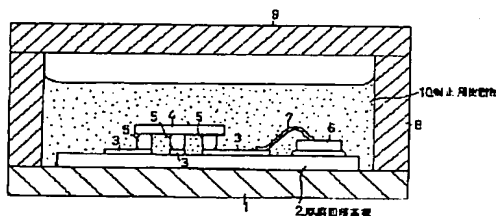
## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To compatibly obtain a low-stress characteristic and high heat radiating characteristic against a semiconductor element by filling a silicone gel with a spherical heat-conductive filler at a filling rate at which the filler can satisfy certain conditions against the complex modulus of elasticity and coefficient of liner expansion of the resin used for sealing the semiconductor element.

**CONSTITUTION:** This plastic molded type semiconductor device is provided with a thick film circuit board 2, semiconductor element 4 which is bonded onto the board 2 through bumps 5 which are in contact with a conductor section 4 in a state where the element 4 is faced to the substrate 2, and sealing resin material 10 used for sealing the element 4. A silicon gel which is filled with a spherical heat-conductive filler having a particle size smaller than the gap between the element 4 and board 2 is used as the sealing resin material 10. The filling rate of the silicone gel is set so that the rate can satisfy an inequality,  $\alpha < 20.033(G-451)-0.56$ , where  $G$  ( $\text{dyn/cm}^2$  at 1Hz, 30°C) and  $\alpha$  respectively represent the complex modulus of elasticity and coefficient of linear expansion of the resin material

10. Therefore, both a low-stress characteristic and high heat radiating characteristic can be obtained against the semiconductor element 4.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&amp;Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-129474

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 23/29

23/31

23/24

7220-4M

8617-4M

H 0 1 L 23/ 30

R

審査請求 未請求 請求項の数1(全 9 頁)

(21)出願番号

特願平3-285197

(22)出願日

平成3年(1991)10月30日

(71)出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 成田 量一

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装 株式会社内

(72)発明者 福田 豊

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装 株式会社内

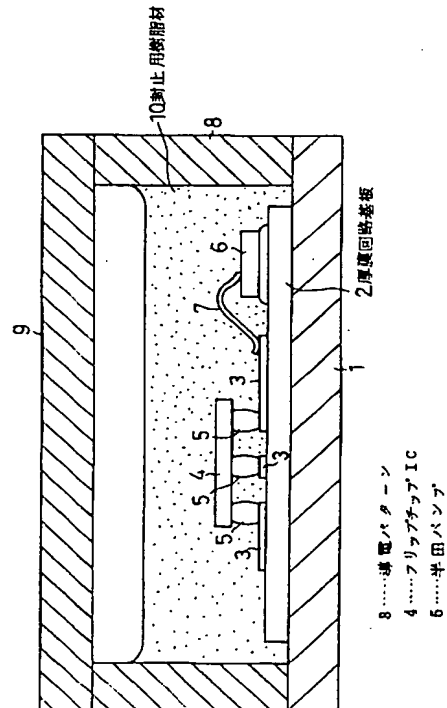
(74)代理人 弁理士 恩田 博宣

(54)【発明の名称】 樹脂封止型半導体装置

(57)【要約】

【目的】 半導体素子に対する低応力特性と高放熱特性を両立させることができる樹脂封止型半導体装置を提供することにある。

【構成】 放熱板1の上には表面に導電パターン3が形成された厚膜回路基板2が配置されるとともに厚膜回路基板2の上には厚膜回路基板2と対向する状態で導電パターン3と接する所定高さの半田バンプ5を介してフリップチップIC4がボンディングされている。厚膜回路基板2とフリップチップIC4は封止用樹脂材10にて封止されている。封止用樹脂材10は、シリコーンゲルに球状のアルミナが充填されたものが使用され、アルミナの粒径がフリップチップIC4と厚膜回路基板2の間隙以下となっている。さらに、アルミナの充填量として、封止用樹脂材10の複素弾性率を $G^*$  (dyn/cm<sup>2</sup>, at 1 Hz, 30℃)とし、線膨張係数を $\alpha$ としたとき、 $\alpha \leq 0.033 (G^* - 451)^{-0.56}$  を満足させるように充填している。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に導体部が形成された基板と、前記基板と対向する状態で、前記導体部と接する所定高さのバンパを介して基板上にボンディングされた半導体素子と、前記半導体素子を封止する封止用樹脂材とを備え、前記封止用樹脂材として、シリコングールに球状で、かつ粒径が前記半導体素子と基板の間隙以下の熱伝導性フィラーを充填させたものを使用するとともに、その充填量として、封止用樹脂材の複素弾性率を  $G^*$  (dyn/cm<sup>2</sup>, at 1 Hz, 30℃) とし、線膨張係数を  $\alpha$  としたとき、 $\alpha \leq 0.033 (G^* - 451)^{-0.56}$  を満足させるように充填したことを特徴とする樹脂封止型半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、樹脂封止型半導体装置に係り、詳しくは、主にハイブリッド基板上にフリップチップ素子をマウントし、その素子を樹脂にて封止した樹脂封止型半導体装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、半導体チップは水等の外的環境から保護する目的でシリコングール等の封止用樹脂材で封止するようにしている。そして、例えば、フリップチップICを持つハイブリッドICにおいては、この素子の一主面に形成された半田バンパを介して厚膜回路基板上の導体パターン部に電気的・機械的に接合され、素子及び基板はシリコングールで封止されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、フリップチップICと基板の間の空間に入り込んだシリコングールの熱膨張によるフリップチップICを押し上げる力を低減して半田バンパの破壊を防止するために特開昭62-149157号公報に示されるようにシリコングールの硬さが柔らかい必要があり、架橋密度の低いシリコングールを用いざるを得なかった。一方、素子の発熱を低減するためには熱伝導率の良い充填材を充填した封止用樹脂材が必要であるが、この場合ゲルの硬さが増してしまうため半田バンパを破壊してしまう問題点があった。

【0004】 そこで、この発明の目的は、半導体素子に対する低応力特性と高放熱特性を両立させることができる樹脂封止型半導体装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 この発明は、表面に導体部が形成された基板と、前記基板と対向する状態で、前記導体部と接する所定高さのバンパを介して基板上にボンディングされた半導体素子と、前記半導体素子を封止する封止用樹脂材とを備え、前記封止用樹脂材として、シリコングールに球状で、かつ粒径が前記半導体素子と基板の間隙以下の熱伝導性フィラーを充填させたものを

2

使用するとともに、その充填量として、封止用樹脂材の複素弾性率を  $G^*$  (dyn/cm<sup>2</sup>, at 1 Hz, 30℃) とし、線膨張係数を  $\alpha$  としたとき、

$$\alpha \leq 0.033 (G^* - 451)^{-0.56}$$

を満足させるように充填した樹脂封止型半導体装置をその要旨とするものである。

## 【0006】

【作用】 シリコングールに球状の熱伝導性フィラーを充填することにより封止用樹脂材の熱伝導性が向上して熱が速やかに放出されるとともに、 $\alpha \leq 0.033 (G^* - 451)^{-0.56}$  を満足するようにフィラーを充填することにより基板に対する半導体素子の押し上げ力が低減される。

## 【0007】

【実施例】 以下、この発明を具体化した一実施例を図面に従って説明する。図1には車載用ハイブリッドICの全体構造を示す。放熱板1の上にはアルミナよりなる厚膜回路基板2が載置されている。厚膜回路基板2の上面には所定の導体パターン3が形成され、この導体パターン3にはシリコンよりなるフリップチップIC4が半田接続されている。つまり、フリップチップIC4の一主面に所定高さの半田バンパ（バンパ電極）5が複数形成され、その半田バンパ5を介してフリップチップIC4が対向配置されている。

【0008】 又、厚膜回路基板2の上面にはパワートランジスタ6が配置され、ワイヤ7にて導体パターン3と電気的に接続されている。又、放熱板1の上面における周縁部には筒状の枠体8が全周にわたり密着され、さらに、枠体8の上面開口部は蓋材9にて塞がれている。枠体8内には封止用樹脂材10が充填され、前記厚膜回路基板2、フリップチップIC4、パワートランジスタ6を封止している。

【0009】 尚、枠体8及び蓋材9は金属あるいは樹脂が用いられるとともに、放熱板1は金属が用いられる。ここで、この構造のハイブリッドICは、一般に使用温度環境及び自己発熱に伴う温度サイクルを繰り返し、その繰り返し熱応力による歪がフリップチップIC4に悪影響を与える。この熱応力の影響を図2、3、4の模式図を用いて説明する。この熱応力にて、図3の剪断歪 $\delta_s$ と図4の引張歪 $\delta_E$ とが発生する。剪断歪 $\delta_s$ は、図2に示すように、フリップチップIC4（シリコン；熱膨張係数4ppm/℃）と厚膜回路基板2（アルミナ；熱膨張係数7ppm/℃）との間の熱膨張の差で発生する。又、図4の引張歪 $\delta_E$ は、フリップチップIC4と厚膜回路基板2との間に半田バンパ5の高さ分の隙間Hを介して入り込んだ封止用樹脂材10の熱膨張によってフリップチップIC4を上方に押し上げようとするものである。この剪断歪 $\delta_s$ も引張歪 $\delta_E$ も、チップサイズが大きくなるに従って増加するが、半田バンパ5の強度に影響を与えるのは引張歪 $\delta_E$ であることが分かっている

3

る。従って、半田バンプ5の最初の破壊モードとしては、フリップチップIC4の直下の熱膨張した封止用樹脂材10によってフリップチップIC4が押し上げられるために発生する。

【0010】そこで、封止用樹脂材10によるチップ押し上げ力を極力抑えればよく、さらに、どの程度低くするかといえば、剪断歪 $\delta s$ に起因する破壊モードが引張歪 $\delta e$ に起因する素子破壊モードより先に発生し始めるまで押し上げ力を小さくできればよい。このようにすることにより、チップの大型化、繰り返し温度サイクルによる半田バンプ5の熱疲労寿命の向上を図り、シングルチップで高機能化、多機能化を実現でき、又全体としての信頼性向上が可能になる。

【0011】図4のチップ押し上げ力Fは、封止用樹脂材10の弾性、粘性の諸物質の流動、変形等について解析する粘弾性理論解析より導かれた次式をもって検討した。

$$F_g = f(G^*, S, \Delta T, a, H) \\ = a(G^* - b)^c \cdot S^d \cdot \Delta T \cdot \alpha \cdot H^e$$

ただし、 $G^*$ は複素弾性率、 $S$ はフリップチップIC4の面積、 $\Delta T$ はフリップチップIC4に加わる温度変化幅、 $\alpha$ は封止用樹脂材10の線熱膨張係数、 $H$ はフリップチップIC4と厚膜回路基板2との間の距離、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ は定数である。

【0012】この式は、封止用樹脂材10の硬さに関する複素弾性率 $G^*$ と線熱膨張係数 $\alpha$ が求まれば押し上げ力 $F_g$ が計算できることを示している。又、フリップチップIC4が許容できる押し上げ力 $F_{ic}$ に対して $F_g$ は、 $F_{ic} \geq F_g$ の関係が必要であるから

$$F_{ic} \geq F_g = a(G^* - b)^c \cdot S^d \cdot \Delta T \cdot \alpha \cdot H^e$$

となる。そこで、封止用樹脂材10の物性値 $G^*$ と $\alpha$ の関係に着目すると上式は次のように変形でき、このような関係を満たす材料が必要であることが分かる。

【0013】

$$\alpha \leq F_{ic} \cdot (a(G^* - b)^c \cdot S^d \cdot \Delta T \cdot H^e)^{-1}$$

ここで、封止用樹脂材10が介在しない場合、つまりフリップチップIC4と厚膜回路基板2との間に空気が介在している場合に、フリップチップIC4と厚膜回路基板2との引張歪 $\delta e$ に伴うフリップチップIC4のチップサイズの使用限界は普通7~9mm□とされている。従って、ワーストデザインとして $S$ は7mm□とし一定のパラメータと考えることができる。

【0014】又、 $F_{ic}$ は半田バンプ5（バンプ電極）の個数、形状、材質、配置で決定されるが、実際はある限られた範囲に設計せざるを得ないため、一定のパラメータと考えることができる。 $\Delta T$ は、自動車搭載用のICの場合、最大で200℃にもなる。これらを基にして境界条件などの仮説的要因については実験により補正係数として上式を修正していくと

$$\alpha \leq 0.033(G^* - 451)^{-0.56} \dots (1)$$

4

（ただし、複素弾性率 $G^*$ の単位は、dyn/cm<sup>2</sup>, at 1 Hz, 30℃）の関係が満たす材料が必要ながことが分かった。これを図で示すと、図5のようになる。

【0015】一方、封止用樹脂材10（従来のシリコーンゲル）の熱伝導率を改良するためには、熱伝導性の良い充填材（フィラー）を用いることが知られている。熱伝導性充填材としては、シリカ、アルミナ、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化マグネシウム、ダイヤモンドがある。本実施例では、封止用樹脂材10は、付加反応タイプのゲル状シリコーン樹脂に球状のアルミナを充填したものを使用している。つまり、前述した各種のフィラーの内、加水分解性がなく長期の信頼性に耐えることができ、又コスト的にも使用可能な材料としてアルミナを選定し、シリコーンゲルに充填している。さらに、その球状のアルミナの最大粒径は、フリップチップIC4と厚膜回路基板2の隙間以下となっている。

【0016】図6、7、8は、最大粒径20 $\mu$ m、平均粒径5 $\mu$ mの破碎アルミナと、最大粒径50 $\mu$ m、平均粒径10 $\mu$ mの球状アルミナ（長短径比1.1）を付加反応タイプで、かつ複素弾性率1200dyn/cm<sup>2</sup>のシリコーンゲルにそれぞれ充填していったときの複素弾性率と線膨張係数と熱伝導率の変化挙動を示す。さらに、図9には、同じデータを用いて横軸に複素弾性率をとり、縦軸に線膨張係数をとった場合を示す。

【0017】破碎アルミナを用いた場合、十分な熱伝導性を得ようとする、図6に示すように複素弾性率の上昇が大きく、図9に示したように約0.9×10<sup>-3</sup>cal/cm·sec·℃以上の熱伝導率では式(1)の範囲を満たさない領域になってしまう。これに対し、図9に示すように、球状アルミナを用いた場合は目的とする線膨張係数及び複素弾性率の関係を満たす領域が十分高い熱伝導率（約2.5×10<sup>-3</sup>cal/cm·sec·℃）の領域まで得られることが判明した。これは、図7、8に示すように、フィラーの形状に関係なく熱伝導率・線熱膨張率がほぼフィラーの体積分率のみに影響されるのに対し、図6に示すように複素弾性率が体積分率と形状の影響を大きく受けるためである。

【0018】又、この時のフィラーの最大粒径は、半田バンプ5の高さ分の隙間Hよりも小さくなくては熱伝導の目的は十分達成できない。図10は、熱伝導率が約2.5×10<sup>-3</sup>cal/cm·sec·℃の封止用樹脂材10を図1の構造のハイブリッドICに充填したときのパワー素子の熱抵抗を測定した結果であり、満足する放熱特性が得られた。

【0019】このように本実施例では、表面に導電パターン3（導体部）が形成された厚膜回路基板2と、厚膜回路基板2と対向する状態で、導電パターン3と接する所定高さの半田バンプ5を介して厚膜回路基板2上にボンディングされたフリップチップIC4（半導体素子）と、フリップチップIC4を封止する封止用樹脂材10

5

とを備え、封止用樹脂材10としてシリコンゲルに球状で、かつ粒径がフリップチップIC4と厚膜回路基板2の間隙以下のアルミナ（熱伝導性フィラー）を充填させたものを使用するとともに、その充填量として、封止用樹脂材10の複素弾性率を $G^*$ （ $\text{dyn/cm}^2$ , at 1 Hz, 30℃）とし、線膨張係数を $\alpha$ としたとき、

$$\alpha \leq 0.033 (G^* - 451)^{-0.56}$$

を満足させるように充填した。よって、シリコンゲルに球状アルミナを充填することにより封止用樹脂材10の熱伝導性が向上してパワートランジスタ6から発生する熱が速やかに放出されるとともに、 $\alpha \leq 0.033 (G^* - 451)^{-0.56}$  を満足するようにアルミナフィラーを充填することにより厚膜回路基板2に対するフリップチップIC4の押し上げ力（引張歪 $\delta\epsilon$ ）が低減される。その結果、フリップチップIC4に対する低応力特性と高放熱特性を両立させることができることとなる。

【0020】尚、この発明は上記実施例に限定されるものではなく、例えば、球状アルミナの代わりに窒化アルミニウム、結晶性シリカ等の球状熱伝導性フィラーでも同様の効果を期待できる。

【0021】

【発明の効果】以上詳述したようにこの発明によれば、半導体素子に対する低応力特性と高放熱特性を両立させ

6

ることができる優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例のハイブリッドICの全体構造を示す図である。

【図2】熱応力の影響を説明するための図である。

【図3】熱応力の影響を説明するための図である。

【図4】熱応力の影響を説明するための図である。

【図5】複素弾性率と線熱膨張係数との関係を示す図である。

【図6】アルミナの充填量と複素弾性率との関係を示す図である。

【図7】アルミナの充填量と線熱膨張係数との関係を示す図である。

【図8】アルミナの充填量と熱伝導率との関係を示す図である。

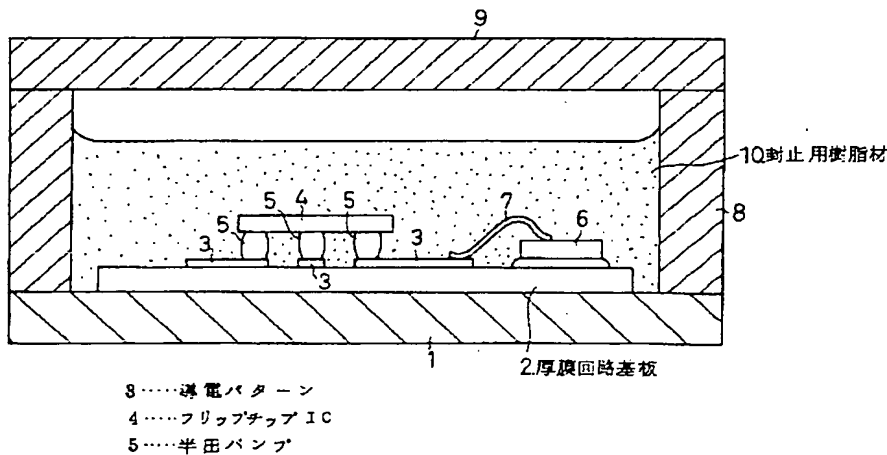
【図9】複素弾性率と線熱膨張係数との関係を示す図である。

【図10】定常熱抵抗の測定結果を示す図である。

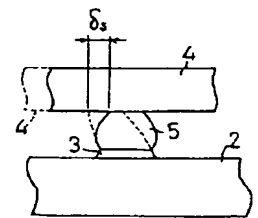
【符号の説明】

- 2 厚膜回路基板
- 3 導体部としての導電パターン
- 4 半導体素子としてのフリップチップIC
- 5 半田バンプ
- 10 封止用樹脂材

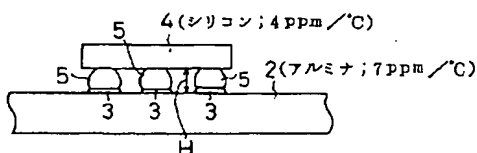
【図1】



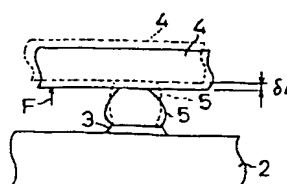
【図3】



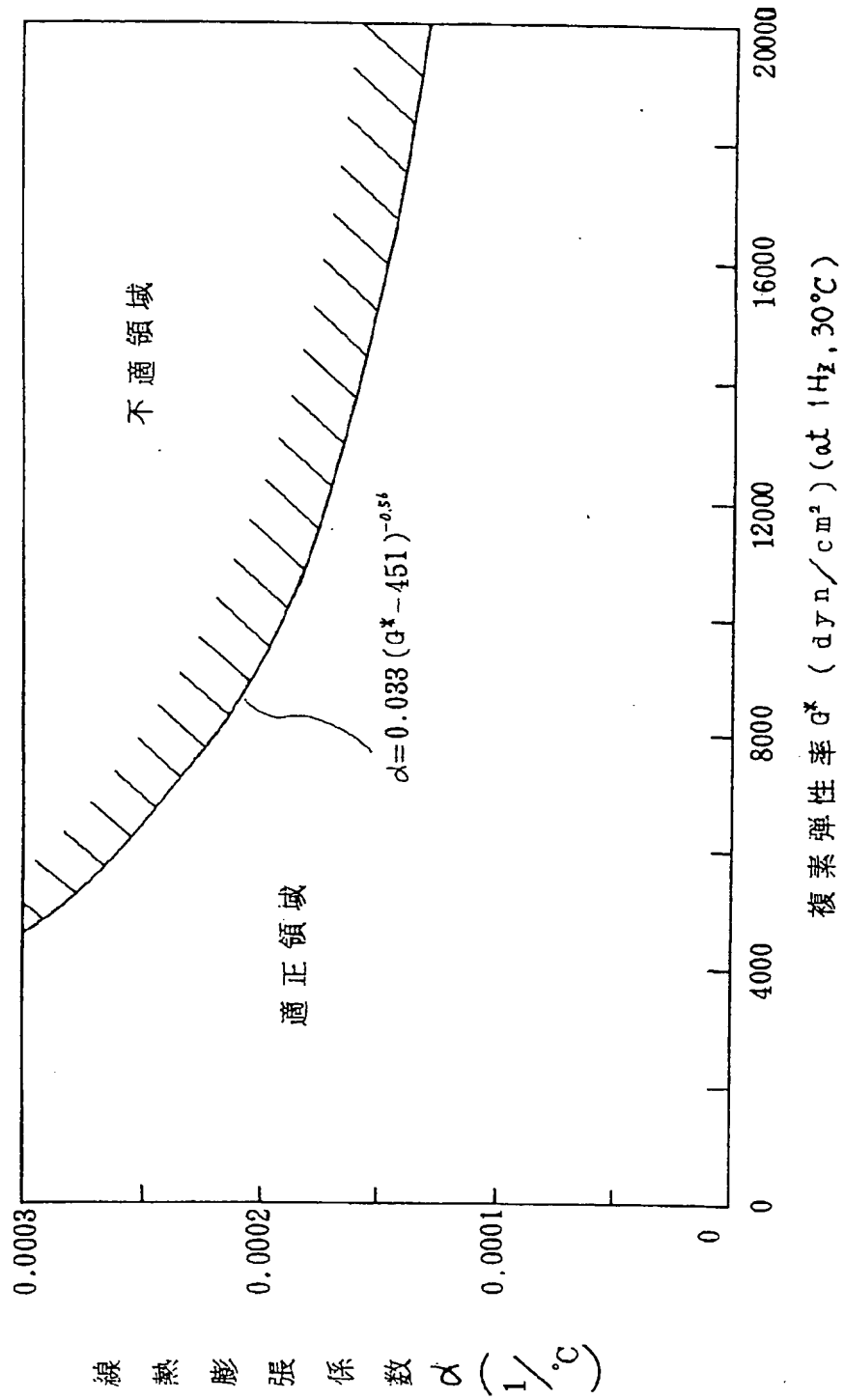
【図2】



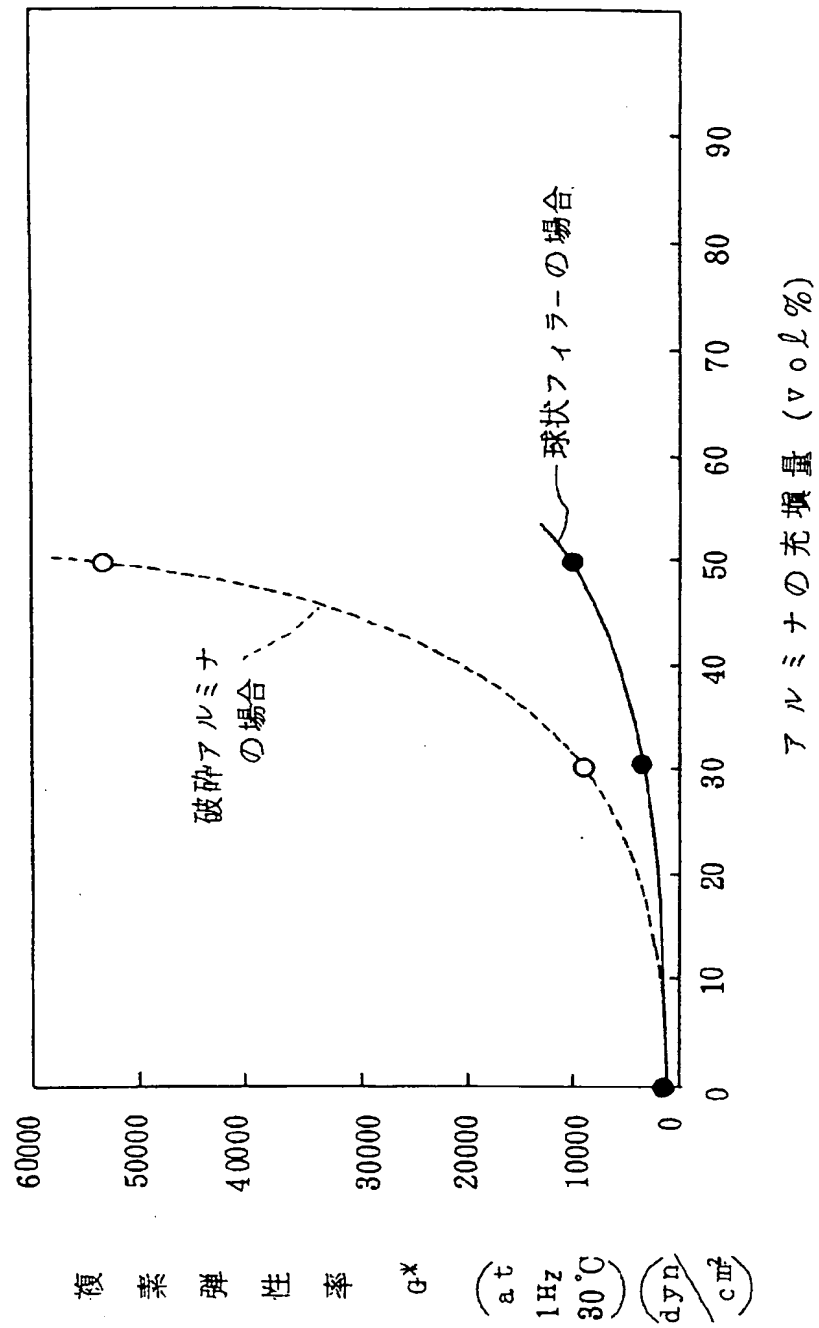
【図4】



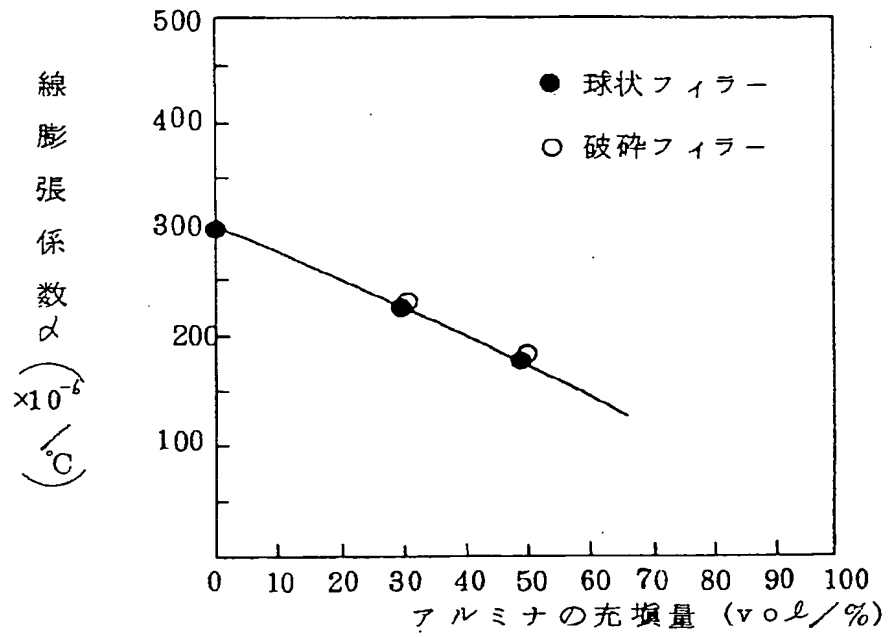
【図5】



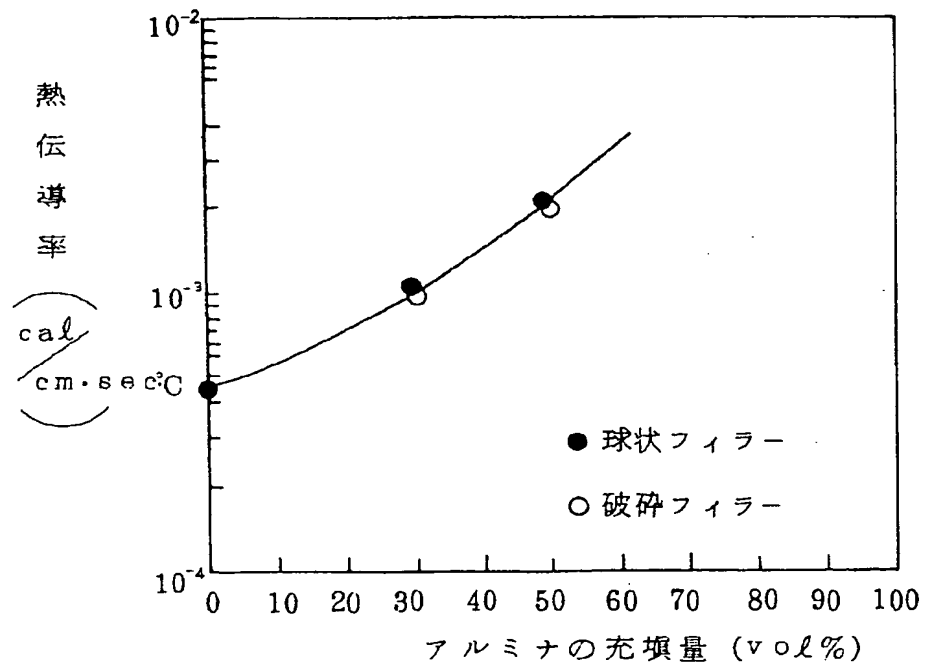
【図6】



【図7】

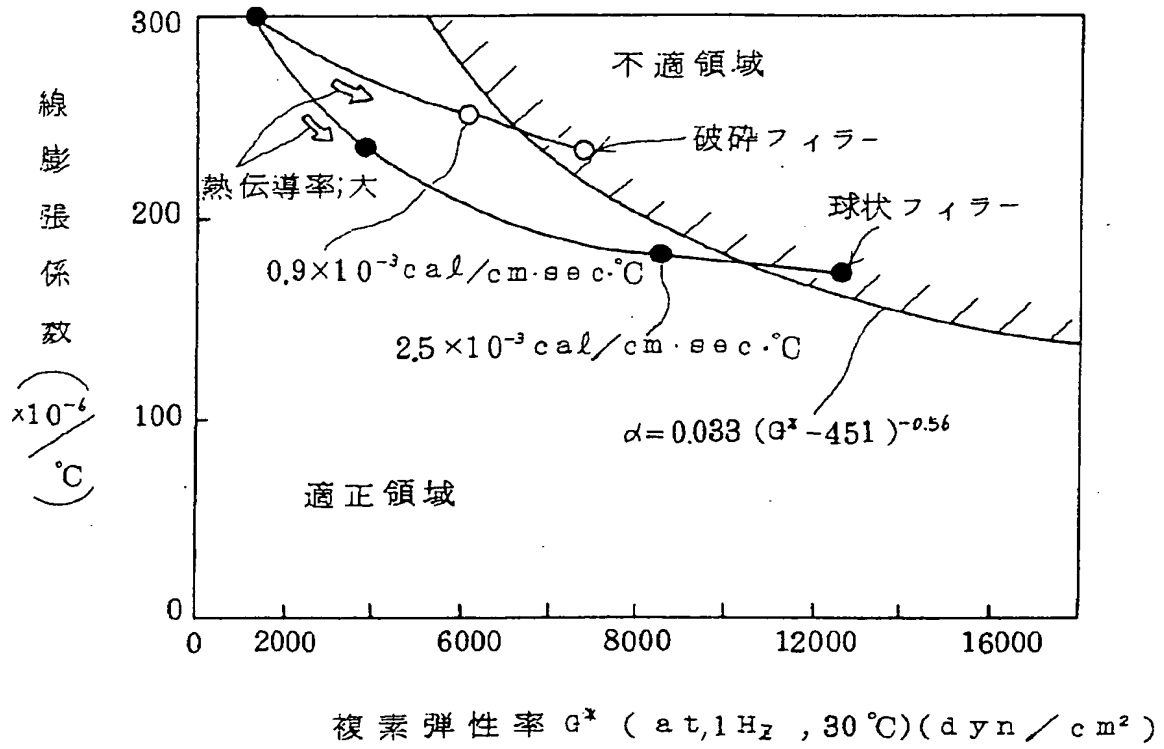


【図8】





【図9】



【図 10】

